

## 【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 26-144

補助事業名 平成26年度ロボットの視覚フィードバック制御系設計に関する補助事業

補助事業者名 岡山県立大学 情報工学部 井上貴浩

### 1 研究の概要

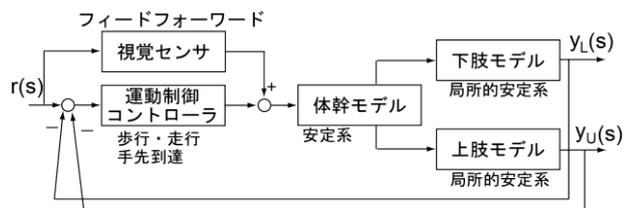
本研究では、ヒトの生体運動制御において存在する神経生理学的な視覚情報の遅れを模擬した運動制御システムのモデル化を行いシミュレーションを行った。このとき、体幹や腕の制御系が安定である場合に指による操り動作が容易に実現できることを明らかにした。また、2関節上肢ロボットを製作し駆動メカニズムとして空気圧人工筋を採用し角度制御において拮抗型積分制御法を提案し実験により妥当性を示した。

### 2 研究の目的と背景

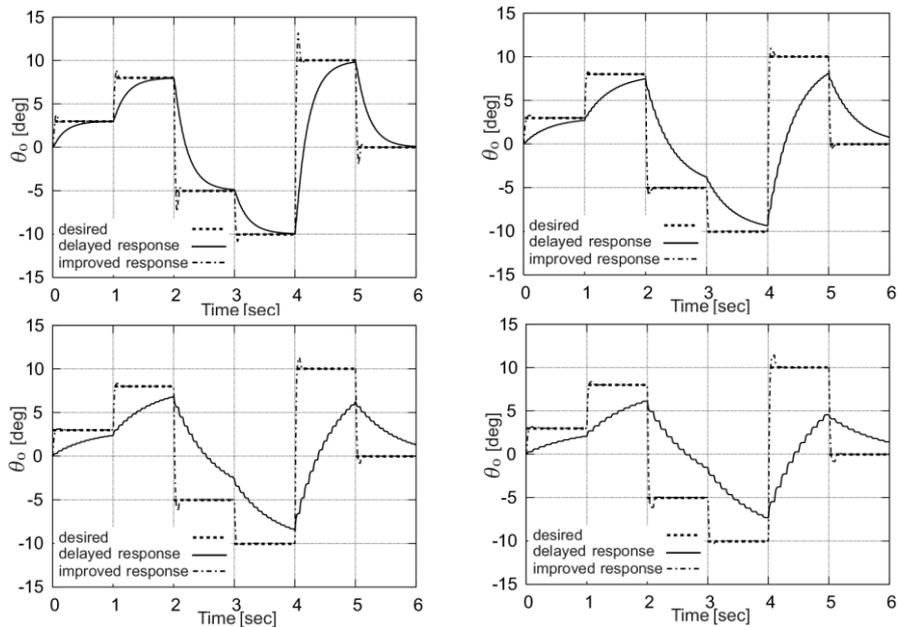
本研究では視覚としてのステレオビジョンを有する視覚情報統合型上肢ロボットシステムを構築し、先行研究において提案している制御則に基づく視覚情報遅れを許容できる新たなシステムの開発を目的とする。さらに、視覚を含めたヒトの運動制御において時間分解能の低い運動指令でも手先軌道が滑らかに生成されることが近年解明されており、先行研究で得た成果と類似するものと言える。そのようなことから、ロボットビジョンによる画像処理プロセスを制御ループ内に含んだ制御周期に基づくロボットへの運動指令が制御系全体に与える影響を解明する。

### 3 研究内容

- 視覚情報遅延の影響が身体運動の安定動作にどのような影響があるのかを明らかにするために、右図のようなヒト運動制御系を構築し MATLAB/Simulinkによる解析とシ



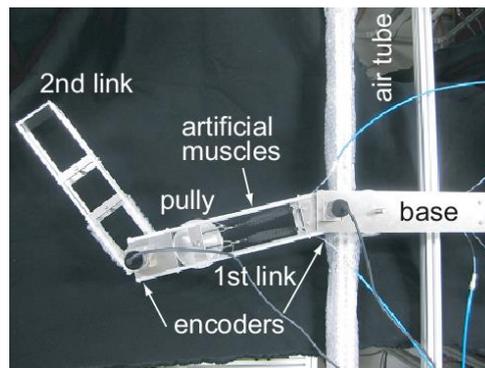
ミュレーションを行った。その結果、上下肢モデルを含めた体幹モデルが安定系であると仮定すれば、動作を生成する関節トルクへの制御入力には、目標値から視覚センサを介したフィードフォワード信号が良いことが分かってきた。以下の図は2本指ロボットの場合の物体操り制御のシミュレーション結果である。上肢モデルがグローバル制御であり安定であるとすれば、指動作における制御系はローカル制御系であることから、ローカル制御系の視覚サンプリング周期が長くても2本指による把持物体の姿勢制御が成功することが明らかになった。以下図においては、サンプリング周期が25msec (左上)、50msec (右上)、75msec (左下)、100msec (右下) のときの結果であり、前記した知見が明白となっている。



- 右写真のような2関節上肢ロボットをCADを用いて設計し製作した。アクチュエータには新規購入した空気圧人工筋を4本拮抗型に配置し、80Nのリフト荷重にも対応できる。生活支援ロボットのようなパワーアシストにも利用でき、実証実験用の上肢ロボット試作機が完成した。

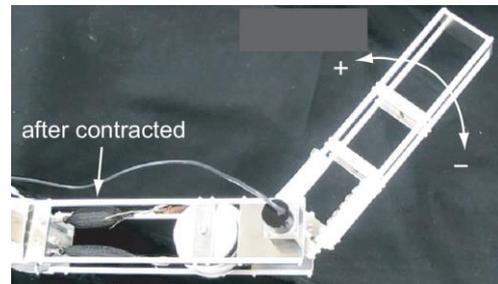
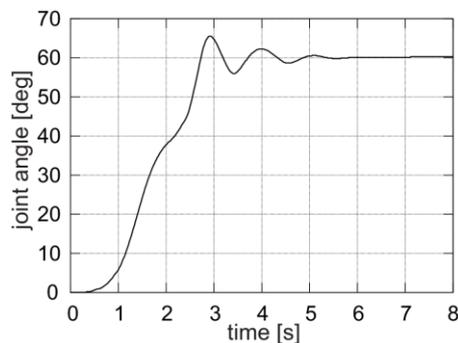


- まず、基本性能を確認するための動作実験を行ったところ全重量が800g程度であるため、人工筋2本による重力下での動作では右図のように屈曲角度に限界が生じた。そのため、下図のような軽量化された試作2号機を設計製作し動作実験を行ったところ、90°以上の屈曲が可能となった。このときの工夫として第1リンク動作に人工筋を4本、第2リンク動作に人工筋を2本取り付けており、全体で6人工筋上肢ロボットとなる。



- このロボットを用いて角度制御系コントローラを設計した。具体的には、指令入力として目標角度のステップ信号を入れ主動筋と拮抗筋それぞれに簡易な積分器をベースとした「拮抗型積分制御法」を提案し実機制御に試みた。代表実験例として第2リンクの目標角を60°としたときの結果を以下の図に示す。わずかに振動的にはなるが動作途中に不連続に停止することもなく、目標値に定常偏差なく収束していることが見て

取れる。



#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

介護や介助ロボット、生活支援ロボットの開発が近年盛んであるが、実社会のニーズは2点ある。それは監視（見守り）と補助である。前者はカメラ等による非接触の監視であり、後者はロボットが人を直接的に補助することになる。本事業で設計製作した上肢ロボットではソフトな接触を実現できる空気圧人工筋を備えており、補助を必要とする高齢者や障がい者のニーズに沿った適切な駆動系を構築できた。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

ヒトの機能や形態を模倣することで運動を司る制御系が比較的簡単に表現できると考えており、現在までロボットの手指による把持物体の操りに関する研究や、上肢ロボットによる軌道制御に関する研究を行ってきた。その中で、駆動メカニズムまで模倣することでよりヒトの運動制御系に近い制御手法が利用できるのではないかと考え、本事業では空気圧人工筋を6本利用した上肢ロボットを開発した。また、視覚としてカメラを2台搭載するステレオビジョンシステムを導入しそのプラットフォームを開発した。したがって、本事業はヒトの運動制御系を高精度に模倣するための基本的な機構的枠組みを設計し開発するところに主眼を置いている。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【学会発表】

<http://www-bs.ss.oka-pu.ac.jp/inoue/papers/papers.html>

- [1] ○井上貴浩、小野由美子、宮田龍一、平井慎一  
ピック&プレースを目的とした小型自律移動マニピュレータの開発  
日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会、2A2-V02、2015/5/19、京都
- [2] 山本静果、○宮田龍一、井上貴浩  
ポリウレタン丸ベルトのねりじによる関節駆動機構の設計  
日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会、1P1-Q08、2015/5/18、京都
- [3] ○三浦まりな、井上貴浩、

## 拮抗配置型空気圧人工筋を用いた関節ロボットの静動特性評価

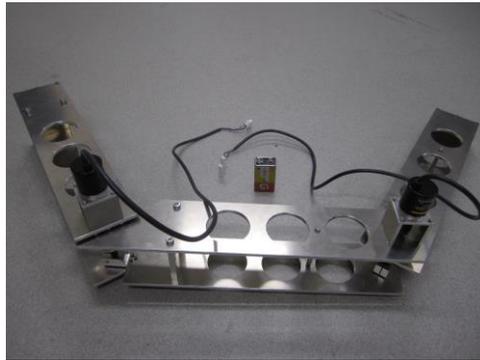
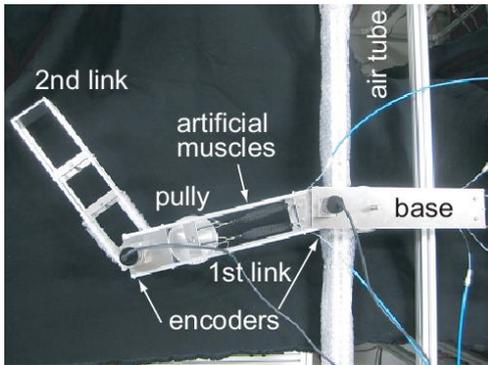
日本機械学会 中国四国学生会第 45 回学生員卒業研究発表講演会、1416、2015/3/5、  
広島

### 7 補助事業に係る成果物

#### (1) 補助事業により作成したもの

<http://www-bs.ss.oka-pu.ac.jp/inoue/research/research.html>

<http://www-bs.ss.oka-pu.ac.jp/inoue/research/houkokusyo.pdf>



### バイオメカトロニクス研究室 2014 年度 年間研究活動報告書

作成日 2015 年 4 月 22 日

#### 補助事業名

平成 26 年度ロボットの視覚フィードバック制御系設計に関する補助事業  
JKA 補助事業により作成

#### 論文一覧

- [1] ○井上貴浩, 小野由美子, 宮田龍一, 平井慎一  
ビック&ブレースを目的とした小型自律移動マニピュレータの開発  
日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2015
- [2] 山本静果, ○宮田龍一, 井上貴浩  
ポリウレタン丸ベルトのねりじによる関節駆動機構の設計  
日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2015
- [3] ○井上貴浩, 平井慎一  
柔軟物ビック&ブレースを旨とした全方向自律移動ロボットの開発  
岡山県立研究機関協議会 研究交流発表会
- [4] Takahiro Inoue, Shinichi Hirai,  
Why humans can manipulate objects despite a time delay in the nervous system  
"The Human Hand as an Inspiration for Robot Hand Development",  
Springer Tracts in Advanced Robotics, Vol.95, pp 289-313, Springer-Verlag, 2014.
- [5] 井上貴浩, 平井慎一  
2リンクアームにおける逆運動学を利用しない手先位置制御  
—関節角仮想目標軌道とベル型速度プロファイル—  
日本ロボット学会誌, Vol.32, No.3, pp.307-315, 2014
- [6] 井上貴浩  
マンマシン共存協調社会におけるロボット機構と制御  
OPU フォーラム, 2014 in 岡山国際交流センター
- [7] 富永毅, 井上貴浩  
空気圧アクチュエータ拮抗型多関節アームの手先位置制御  
日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2014
- [8] 舟木義人, 井上貴浩  
空気圧人工筋を拮抗配置した回転関節における仮想粘弾性係数同定  
日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2014
- [9] 井上貴浩, 平井慎一  
拮抗駆動多関節アームにおける衝撃力緩和と復帰動作  
日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2014
- [10] 井上貴浩, 穂功真樹  
回転型倒立振り子における異なる二つのサンプリング周期と制御性能評価  
日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2014

(2)(1) 以外で当事業において作成したもの  
該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 岡山県立大学 情報工学部 バイオメカトロニクス研究室

住 所： 〒719-1197

岡山県総社市窪木 1 1 1 番地

申 請 者： 准教授 井上貴浩（イノウエ タカヒロ）

担 当 部 署： 情報工学部（ジョウホウコウガクブ）

E - m a i l : [inoue@ss.oka-pu.ac.jp](mailto:inoue@ss.oka-pu.ac.jp)

U R L : <http://www-bs.ss.oka-pu.ac.jp/>